

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-124583

(43)Date of publication of application : 28.05.1988

(51)Int.Cl.

H01L 31/10

H01L 31/02

(21)Application number : 61-269648

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.11.1986

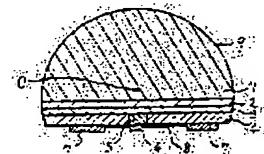
(72)Inventor : ITO KAZUHIRO
NAGATSUMA KAZUYUKI
FUJIWARA ICHIRO
MATSDA HIROSHI
OUCHI HIROBUMI

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the performance and the yield rate of a device, by forming P-and N-type electrodes on the surface on the opposite side of a light input window, and providing a one-side electrode structure.

CONSTITUTION: A buffer layer 2, a light receiving layer 3 and a surface layer 4 are formed on a substrate 1. A region 5 is formed by the introduction of impurities from the surface of the surface layer 4. The region 5 is formed so that its conductivity type is different from those of the layers 1~4. For example, the region 5 is of a P type, and the other layers have an N type. A P-type electrode 6 is formed on the surface of the region 5. The N-type electrodes 7 are formed on the surface of the surface layer 4 at position separated from the region 5. Meanwhile, a light input surface 9 is formed in a protruding shape on the side of the substrate 1 opposite from the forming surface of the electrodes 6 and 7. Since there is no electrode on the side of the light input surface 9, the diameter of a lens can be made large. Freedom in lens machining is increased, and the lens can be manufactured accurately.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑪ 公開特許公報 (A) 昭63-124583

⑫ Int. Cl. 1/10 識別記号: H 01 L; 31/10, 31/02 延長整理番号: A-6819-5F, A-6851-5F ⑬ 公開: 昭和63年(1988)5月28日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 半導体受光装置

⑮ 特願 昭61-269648

⑯ 出願 昭61(1986)11月14日

⑰ 発明者 伊藤 和弘 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 発明者 長妻 一之 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 発明者 藤原 一郎 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 発明者 松田 広志 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 代理人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に統ぐ

明細書

1. 発明の名称

半導体受光装置

2. 特許請求の範囲

1. Pおよびn型部の領域に対する電極が、半導体結晶の一方の面に形成されており、該一方の面と反対側の結晶面は凸形の曲面からなる面が形成され、光入射窓の用をなす事を特徴とする半導体受光装置。

2. 上記電極が形成される面にあるpまたはn型の領域の面は一方が他方によつて囲まれており、さらに、一方の領域の面を包含する大きさに区切るミゾが形成されている事を特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体受光装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、III-V化合物半導体結晶を用いた受光装置において、特に光結合が容易で、高速応答性にすぐれた構造に関するものである。

【従来の技術】

従来の装置は特開昭60-163470号公報記載の様に、P型領域とn型領域に対する電極は半導体片の表面と裏面の異なる面に各々、単独に形成されている構造をもつ。したがつて、受光面側に形成する電極の取つけは、光の入射を妨げない様に半導体片の片寸み、または周辺に形成される。

【発明が解決しようとする問題点】

従来の構造は、例えば、第3図の様になつてい

た。ここで、3.1は基板であり、これに層3.2、

3.3、3.4などを成長する。この例では、3.2は

バッファ層、3.3は受光層、3.4は表面層である。

表面層3.4の表面3.5の1部から、反対導電型の領域3.6を不純物拡散によつて形成する。次に絶縁物層3.7、電極3.8(領域3.6に対する)を被覆する。一方、表面3.5の反対側の面には光入射窓3.9となる凸面部と、その周囲に平面部4.0を形成する。平面部4.0には基板3.1に対する電極4.1が被覆される。上記の様にして作られたものはスルム上に電極3.6を用いてダイボンディングし、さらに電極4.1とスルムにあるボストとを細

い金属線を用いてワイヤボンディングで接続される。

従来の構造は次の様な欠点があつた。まず第1点は、1つの側に光入射窓3-9の凸面と電極4-1の形成用平面4-0が同時に存在しなければならない事である。これは、凸面の曲率半径や口徑、その精度は入射光の収光効率に大きな影響を与え、電子特性上の重要な因子であるが、性質の異なる面が同時に存在する事から、実際上、凸面の精密な加工は困難であつた。このため、収差が大きく、十分な集光効率は得られない。第2点は、上記凸面と平面部の段差の存在により、電極4-1のペーニングで用いる写真食刻法において、ホドレジスト膜の厚さの不均一や露光時の焦点がけ等によつて、電極4-1のバターンは著しくくずれてしまつて不良が起きやすい。第3点は、システムへのボンディング不良が高い事である。これは、システムとの接続は電極3-8を用いる事に起因する。受光装置の高速の応答速度は主に直列抵抗と静電容量の減少で達成されるが、後者の減少のために電

極3-8の大きさは領域3-6の内部におさめる事が重要である。領域3-6は通常100μmφ、特に高速性を必要とするものでは50~30μmφ以下とするため、電極3-8は非常に小さくなる。したがつて、システムとの接觸面積は小さく、その機械的強度は著しく弱いため、ハガレ不良の率が高い。第4点は、ボンディングの工程が、ダイとワイヤの二回にわたり、複雑となる事である。さらに、ワイヤボンディングは、半導体片の周囲に形成された電極3-9に行なうため、半導体片のカケ、ハガレが生じやすい欠点があつた。以上の様な点により、従来の構造では、加工精度と歩留りのうえで配慮がなされておらず、問題であつた。

本発明の目的は、上記の欠点を無くし、高性能の半導体受光装置を歩留り良く作製できる構造を提供する事にある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、pおよびn型電極を光入射窓と対向する反対側の面に形成して、片面電極構造とする事により達成される。これを、第1図および第

2図によつて説明する。第1図および第2図は本発明の受光装置の1例を示す断面図である。まず、第1図において本発明を説明する。基板1にバッファ層2、受光層3、表面層4を成長したもの、表面層4の表面から不純物の導入により領域5を形成する。この領域5は各層1~4の伝導形と異なる様に形成され、例えば領域5はp型、他はn型である。上記の例において、p型電極6は領域5の表面、n型電極7は領域5から離れた表面層4の表面に形成される。図中、8は保護膜である。光入射面9は電極6および7の形成面と反対側の基板1側に凸状に形成される。

第2図は本発明の別な例である。基板2-1にバッファ層2-2、受光層2-3、表面層2-4を成長したもの、表面層2-4の表面から不純物の導入により、領域2-5を形成する。説明を簡単にするため、前記と同じく、領域2-5をp型、他をn型とする。ここで、領域2-5を囲む様にミゾ3-0を設ける。ミゾの形はリング型、矩型など自由であり、その深さも適当で良いが、基板に達する深さにす

る事が望ましい。p型電極2-6は領域2-5の表面に、n型電極2-7はミゾ3-0によつて分離された外側の表面層2-4'の表面からミゾ3-0の底面にかけて形成する。ただし、n型電極は表面層2-4'の表面にだけ形成するだけでも良い。図において、2-8は保護膜である。光入射窓2-9はpおよびn型電極2-6と2-7が形成される面とは反対の面、すなわち、基板2-1側に凸状に形成する。

〔作用〕

本発明の構造は半導体受光装置において、凸型のレンズ作用を持つ光入射面と電極の形成面とは異なり、互いに反対する面にある事を特徴として構成される。

本発明の構造では、光入射面側に電極が無い事から、レンズの直径を大きく取れる事、および、レンズ加工方法に自由度が増して精度良くレンズを作製できる。このため、集光効率の高い光入射面が作製できる事から、p-n接合は非常に小さくできるので低暗電流、低静電容量の受光装置となる事に効果がある。さらに、本構造では、p型お

およびn型電極が同一面にある事により、配線基板へのボンディングは1回の工程で完了でき、工程が簡素である。ここで、外周側の電極面積は大きくとれるため、ボンディングの強度は十分に大きく、不良の発生は全く生じなくなる。特に、pおよびn型電極の材料が同一である場合には、それら材料の被着工程も同時に行なえるので、作製工程は一層、単純なものになる利点がある。また、p型電極とn型電極間にミゾを形成する事により、接触抵抗の小さい層に対して電極を設けられるので直列抵抗を小さくできる。このミゾは、pn接合の空乏層が表面と平行方向に広がるのを防止して、表面と垂直方向に延びる様にする境界の制御効果を持つため高速の応答が可能となる効果がある。

【実施例】

本発明の実施例を説明する。

実施例1

第1図を用いて説明する。n型のInP基板($1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)1 IC、InPのバッファ層2、

InGaAsの受光層3、InPの表面層4を成長した。各層の厚さとキャリア濃度は、いずれも $2.4 \mu\text{m}$ と $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (p型)である。表面層4の表面から乙の熱的拡散し、直径 $50 \mu\text{m}$ 、深さ $2.0 \mu\text{m}$ にわたってp型の領域5を設けた。p型領域5を中心として、内径 $4.0 \mu\text{m}$ 、外径 $12.0 \mu\text{m}$ のリング状にSi₃N₄膜を 2000 \AA 、SiO₂膜を 2000 \AA 被着保護膜8とした。次にp型領域の中心から直径 $3.5 \mu\text{m}$ にわたり、p型電極6としてTi/Pt/Au膜を $1 \mu\text{m}$ 、同中心から内径 $13.0 \mu\text{m}$ 、外径 $18.0 \mu\text{m}$ のリング状にn型電極7としてAu-Ge/Ni/Au膜を $1 \mu\text{m}$ 被着して 350°C 、5分間のアニールをした。次に、領域5の中心から基板1に対して $5.0 \mu\text{m}$ 離れた点Oを中心にして、主に、基板1を曲率半径 $2000 \mu\text{m}$ の球面状に研磨し光入射窓9を作つた。これを配線基板(省略)にボンディングし、pおよびn型電極に+5Vの電圧を印加しながら、コア径 $50 \mu\text{m}$ 、開口数0.2の光ファイバーから $1.3 \mu\text{m}$ の赤外線を $50 \mu\text{W}$ の出

力を光入射窓9から照射した。この結果、完成品の全数に対し、光ファイバーの軸芯が光入射窓9の頂部から $\pm 1.5 \mu\text{m}$ の範囲では $3.0 \mu\text{A}$ 以上の光電流が得られた。比較のため、従来の構造の受光装置を作製した。これを第3図で説明する。結晶31、32、33、34およびp型領域、p型電極38の構造、仕様は前述のものと同じであるため、省略するが、Si₃N₄膜/SiO₂膜37はp型電極38の被着部を除く全面に被着している。ここで、光入射窓39の曲率中心O' とその曲率半径は前述と全く同じであるが、その周囲にn電極41の被着部である平面部40を作つた。光入射窓39のさわわたしの直径を $200 \mu\text{m}$ とした。このとき、電極41のパターン形成において、光入射窓側の境界は $\pm 20 \mu\text{m}$ にわたり、凹凸となつた。これは、光入射窓39の頂部と平面部40の差が、約 $60 \mu\text{m}$ と大きく、写真食刻法におけるホトレジストの厚さおよび、焦点のボケに原因していた。また、p型電極38を配線基板にボンディングし、次にn型電極41へワイヤボ

ンディングしたところ、約 $5.0 \mu\text{m}$ が断線不良となつた。これは、p型電極38の面積が小さい上に、ワイヤボンディング時に片よつた力が加わるため、p型電極38がハガレを生ずるためであつた。光学的特性は、光ファイバーの軸芯が光入射窓の中心から $\pm 7.0 \mu\text{m}$ の範囲で $2.5 \mu\text{A}$ 以上となり、本発明のものよりも劣つてゐる。これは、光入射窓のさわわたしの直径が小さいためと、その収差、およびn電極のヤヒの悪さに原因している。以上の様に、本発明の装置の構造では、光入射窓が大きくできるため、光ファイバーとの高い光学的結合が広い範囲で行なえる事、および、pおよびn型電極が同一面にあり、両者の面積の総和が大きくできる事から、ボンディング時の断線がなく、1度の工程でできる利点がある事がわかつた。

実施例2

第2図に示す構造の受光装置を作製した。n型InP基板($5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)21 IC、n型InPバッファ層22、n型InGaAs受光層23、n型InP表面層24を成長した。ここで、層22

と23は、キャリア濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さは $2 \mu\text{m}$ である。層24は層23との境界側に $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ が $2 \mu\text{m}$ 、他が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ が $2 \mu\text{m}$ となる様にした。表面層24の表面から、直徑 $3.0 \mu\text{m}$ の円形にZnを拡散して、深さ $2 \mu\text{m}$ の範囲をD型とした領域25を形成した。次に、領域25を中心にして、内径 $6.0 \mu\text{m}$ 、外径 $10.0 \mu\text{m}$ のミゾ30を作つた。ミゾ30の深さは、基板21が露出するまで行なつた。この結果、領域25は、メサ型の島状に区切られた部分に存在する形状となつた。次に、メサの側面およびメサの上面(領域25の中心 $2.0 \mu\text{m}$ を除く)に Si_3N_4 膜28を 2000 A 被着、さらに、領域25に對する電極26(直徑 $2.0 \mu\text{m}$)を被着した。さらに、ミゾ30で区切られた外側の部分の表面層24の表面から、ミゾ30の底面(基板21の露出部)にかけて、内径 $8.0 \mu\text{m}$ 、外径 $14.0 \mu\text{m}$ のリング状電極27を被着した。領域25を中心として、半径 $1.80 \mu\text{m}$ の凸面を基板21側に形成し、光入射窓29とした。これを配

しない事から、光入射窓と平面部の段差に併なり電極バーニングの不良がなく、光入射窓の曲率や口徑も大きくなるので、収差を無くして集光性の良いレンズを作ることができる。また、ステム等の配線基板へのボンディングには、1回の工程でかつ、接着力の大きい状態で行なえるので歩留りも良く、信頼性が高くなる効果がある。また、ミゾを形成する事により、抵抗を低減でき、電界分布を改善できるので、応答速度や増倍率の改善ができる効果がある。

また、本発明の装置はライヤボンディングを必要としないため、トランジスタ等との回路構成において微小化できる利点があり、信頼性も高い。

なお、本実施例では InP/InGaAs の組合せのみを示したが、上記以外に $\text{GaAs}/\text{InGaAsP}$ 、 $\text{GaAlAs}/\text{InAlAs}$ 、 Si/Ge など他の系でも可能である。また、層の数や電極の形などの変更も可能である事は言うまでもない。

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明の半導体受光装置

基板にボンディングし、受光装置として完成した。電極26および27に逆方向電圧 9.0 V を印加し、光入射窓29から赤外線を入射したところ、アバランシエ-ホトダイオードとしての作用を確認した。得られた特性は、耐圧 1.00 V 、増倍率50、応答速度 8 Gb/s であった。一方、ミゾ30を形成しない装置では、最大増倍率30、応答速度 4 Gb/s と劣つていた。前者の特性の良い理由は、ミゾ30により、電極27が不純物濃度の高い基板21と接触できることで接觸抵抗が低い事である。さらに、ミゾ30により、pn接合にかかる電界が層22、23、24などの界面に対して垂直方向のみに整合され、十分な電界強度が印加されるためである。

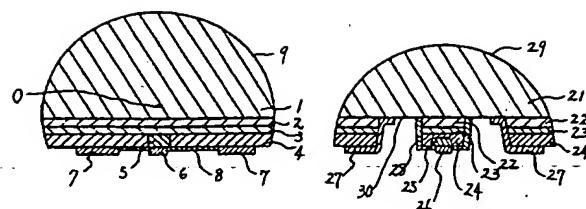
〔発明の効果〕

本発明によれば、半導体受光装置の製造において、工程が簡単であるうえに、加工の精度が高く高性能の装置を歩留り良く作製できる。すなわち、集光性を持つ光入射窓を精度良く作製できる。さらに、光入射窓側には電極を形成する面を必要と

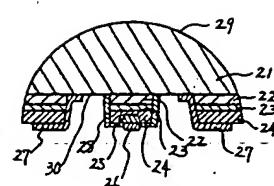
の縦断面図、第3図は従来装置の縦断面図である。
9, 29, 39…光入射窓、6, 7, 26, 27, 36, 41…電極、30…ミゾ。

代理人 弁理士 小川勝男

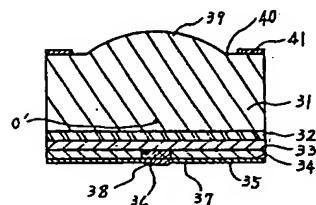
第1図



第2図



第3図



第1頁の続き

②発明者 大内 博文 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成6年(1994)7月22日

【公開番号】特開昭63-124583

【公開日】昭和63年(1988)5月28日

【年通号数】公開特許公報63-1246

【出願番号】特願昭61-269648

【国際特許分類第5版】

H01L 31/10

31/02

【F.I.】

H01L 31/10 A 8422-4M

31/02 A 7210-4M

(48,000円) 手 続 査 索 及 び

平成6年1月26日 **通**

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 昭和61年特許第269648号

2. 発明の名称 半導体受光装置及びその製造方法

3. 補正をする者 事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

名 称 (510) 株式会社 日立製作所

4. 代 理 人

居 所 〒185 東京都国分寺市本町四丁目3番16号
サンクレストビル4階(電話 0423-22-7322)

氏 名 (727) 井 理 士 審 田 利 幸

5. 補正により增加する発明の数 4

6. 補正の対象 明細書の「発明の名称」、「特許請求の範囲」、
「発明の詳細な説明」の各欄。

7. 補正の内容 別紙のとおり

補正の内容

1. 本願明細書の発明の名称「半導体受光装置」を「半導体受光装置及びその製造方法」に変更する。
2. 同じく特許請求の範囲の欄を別紙のように補正する。
3. 同じく第1頁第19行の「構造」の後に、「及びその製造方法」を加入する。
4. 同じく第3頁第19行の「応答速度」を「応答速度」に訂正する。
5. 同じく第4頁第10行の「電極39」を「電極41」に訂正する。
6. 同じく第4頁第15行の「構造」の後に、「及びその製造方法」を加入する。
7. 同じく第5頁第10行の「保護膜」を「絶縁保護膜」に訂正する。
8. 同じく第6頁第6行の「保護膜」を「絶縁保護膜」に訂正する。
9. 同じく第10頁第9行の「n電極」を「n型電極41」に訂正する。

(2)

3

10. 同じく第13頁第1行の「併なう」を「伴う」に訂正する。

11. 同じく第13頁第5行の「ポンディングには、」の後に、「p, n電極がそれぞれ同一平面上に形成されているため」を加入する。

以上

4

別紙

特許請求の範囲

- 半導体結晶の一方の面側にはp型及びn型の領域に対する電極が配設され、他方の面側には光入射窓を配設して成る半導体受光装置。
- 半導体結晶の一方の面側にはp型及びn型の領域に対する電極が配設され、他方の面側には凸型の曲面が形成された光入射窓を配設して成る特許請求の範囲第1項記載の半導体受光装置。
- 半導体結晶の一方の面側に配設されたp型もしくはn型領域の何れ一方が他方によって囲まれており、一方の領域の面を包含する大きさに区切る溝をこれら両領域間に配設して成る特許請求の範囲第1項もしくは第2項記載の半導体受光装置。
- 一導電型を有する半導体基板の一方の面上に同一導電形のバッファ層、受光層及び表面層を順次形成する工程と、表面層の一領域に表面から反対導電型の不純物を導入して反対導電型層を島状に形成する工程と、一方の電極を前記表面層の反対導電型層上に形成すると共に、他方の電極を前記

反対導電型層の領域から離間して一導電型を有する表面層上に形成する工程と、前記両電極間に絶縁保護膜を形成する工程と、前記半導体基板の他方の面上に光入射窓を形成する工程とを有して成る半導体受光装置の製造方法。

5. 表面層の一領域に表面から反対導電型の不純物を導入して反対導電型層を島状に形成する工程の後に、島状に形成された反対導電型層を囲み、他方の電極が形成される一導電型を有する表面層領域を残してその間に所定幅の溝を形成する工程を付加して成る特許請求の範囲第4項記載の半導体受光装置の製造方法。

6. 半導体基板の他方の面上に形成する光入射窓を凸状の曲面を有する面に形成する工程を有する特許請求の範囲第4項もしくは第5項記載の半導体受光装置の製造方法。

代理人 弁理士 田中利幸



BEST AVAILABLE COPY